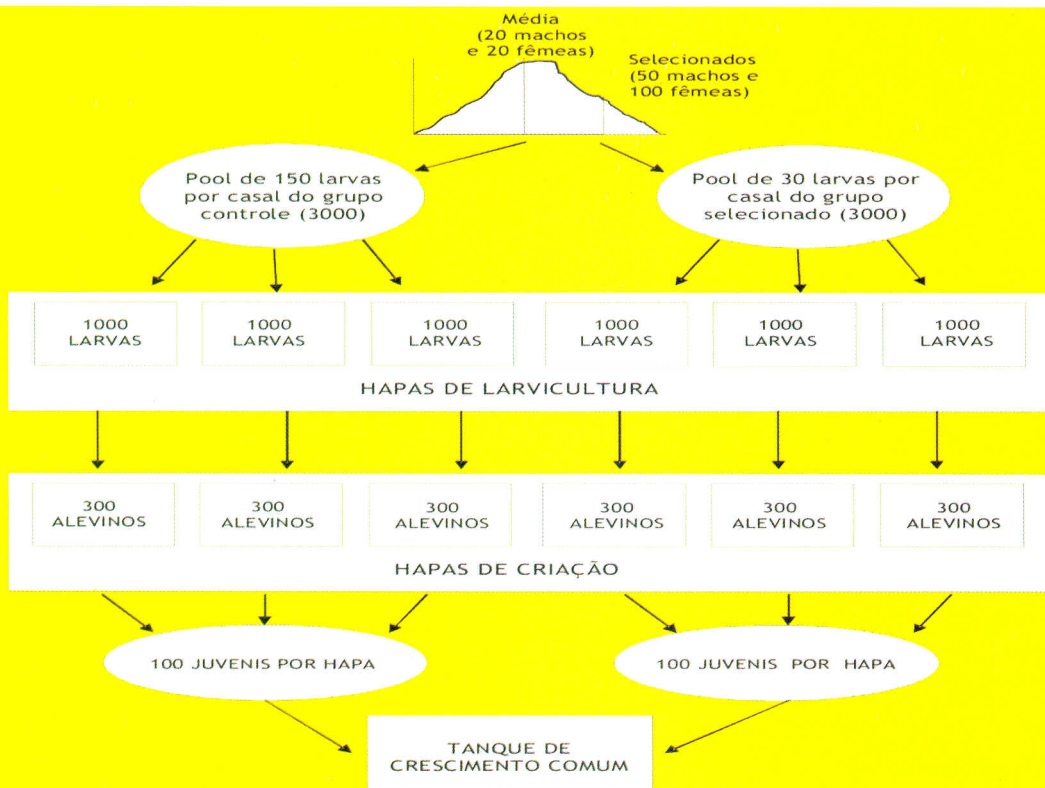


## Delineamento de Programas de Melhoramento Genético de Espécies Aqüícolas no Brasil



ISSN 0104-866X

Dezembro, 2008

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio-Norte  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 184**

## **Delineamento de Programas de Melhoramento Genético de Espécies Aquícolas no Brasil**

*Ricardo Pereira Ribeiro  
Angela Puchnick Legat*

**Embrapa Meio-Norte  
Teresina, PI  
2008**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Meio-Norte**

Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires,

Caixa Postal: 01

CEP 64006-220 Teresina, PI.

Fone: (86) 3089-9100

Fax: (86) 3089-9130

Home page: [www.cpamn.embrapa.br](http://www.cpamn.embrapa.br)

Email: [sac@pamn.embrapa.br](mailto:sac@pamn.embrapa.br)

**Comitê de Publicações**

Presidente: *Flávio Favaro Blanco*,

Secretária Executiva: *Luísa Maria Resende Gonçalves*

Membros: *Paulo Sarmanho da Costa Lima, Fábio Mendonça Diniz, Cristina*

*Arzabe, Eugênio Celso Emérito Araújo, Danielle Maria Machado Ribeiro*

*Azevêdo, Carlos Antônio Ferreira de Sousa, José Almeida Pereira e Maria*

*Teresa do Rêgo Lopes*

Supervisor editorial: *Lígia Maria Rolim Bandeira*

Revisor de texto: *Francisco David da Silva*

Normalização bibliográfica: *Orlane da Silva Maia*

Editoração eletrônica: *Jorimá Marques Ferreira*

**1ª edição**

1ª impressão (2008): 300 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Meio-Norte

---

Ribeiro, Ricardo Pereira

Delineamento de programas de melhoramento genético de espécies  
aquícolas no Brasil / Ricardo Pereira Ribeiro e Ângela Puchnick Legat. -  
Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2008.

25 p. ; 21 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ;  
184).

1. Aquicultura. 2. Espécie. 3. Reprodução. 4. Linhagem. 5. Manejo. I.  
Legat, Ângela Puchnick. II. Embrapa Meio-Norte. III. Série.

---

CDD 639.8 (21. ed.)

© Embrapa, 2008

## **Autores**

### **Ricardo Pereira Ribeiro**

Zootecnista, D. Sc. em Ecologia de Ambientes  
Aquáticos Continentais, professor da Universidade  
Estadual de Maringá,  
Maringá, PR  
rpribeiro@uem.br

### **Angela Puchnick Legat**

Oceanóloga, M.Sc. em Oceanografia Biológica,  
pesquisadora da Embrapa Meio-Norte, UEP/Parnaíba,  
Parnaíba, PI  
angelapl@cpamn.embrapa.br

# Apresentação

A aplicação da tecnologia do melhoramento genético em espécies de animais aquáticos tem sido menor em comparação às espécies terrestres, mas existe um grande potencial para sua expansão vinculado ao aumento da demanda mundial por alimentos. Desta forma, justificam-se o planejamento, o desenho e a implantação de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia de programas de melhoramento em espécies aquáticas.

O projeto "Melhoramento de espécies aquícolas no Brasil", componente da Rede Aquabrazil "Bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil", pertence à programação atual de pesquisa da Embrapa, dentro do Macroprograma 1 "Desafios Nacionais" e vem sendo liderado pela Embrapa Meio-Norte desde 2007.

Esse projeto tem como objetivo geral estabelecer e consolidar um programa nacional de reprodução seletiva para as espécies aquáticas no país e implementar estratégias para a disseminação dos indivíduos de alto desempenho a aquicultores, integrando o uso das linhagens melhoradas às boas práticas de manejo embasadas na nutrição, biossegurança, conservação ambiental e produtos de valor agregado. Dentro desse objetivo, foram selecionadas quatro espécies de importância para o Brasil: o camarão marinho do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), a tilápia do Nilo

## Aquicultura

(*Oreochromis niloticus*), o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e a cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*).

Por meio dessa iniciativa, a Embrapa, em parceria com diversos órgãos públicos e privados vem participando ativamente da implantação e condução de programas de melhoramento, de modo a contribuir para o salto tecnológico e o desenvolvimento sustentável da aquicultura brasileira.

**Hoston Tomás Santos do Nascimento**

**Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte**



# Sumário

<b>Delineamento de Programas de Melhoramento Genético de Espécies Aquícolas no Brasil .....</b>	<b>9</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>Componentes de um programa de melhoramento genético .....</b>	<b>11</b>
<b>O sistema de produção .....</b>	<b>12</b>
<b>Escolha da espécie e das variedades e sistema de cruzamento.....</b>	<b>13</b>
<b>Estabelecimento de uma população-base para melhoramento - o exemplo da tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>), estoque GIFT, no Paraná.....</b>	<b>14</b>
<b>Elaboração dos objetivos ou metas do cruzamento.....</b>	<b>15</b>
<b>Método de seleção (desenvolvimento do critério de seleção, desenho do sistema da avaliação genética e seleção dos animais e sistema de acasalamento). ....</b>	<b>16</b>

<b>Desenho do sistema de disseminação do estoque melhorado.....</b>	<b>19</b>
<b>Controle para estimar o ganho genético (monitoramento).....</b>	<b>22</b>
<b>Benefícios esperados em um programa de melhoramento .....</b>	<b>24</b>
<b>Referências .....</b>	<b>25</b>



# **Delineamento de Programas de Melhoramento Genético de Espécies Aquícolas no Brasil**

---

*Ricardo Pereira Ribeiro*

*Angela Puchnick Legat*

## **Introdução**

O melhoramento genético animal, apesar de ter a fundamentação teórica desenvolvida há muitos anos, tem recentemente sido impulsionado pela demanda crescente por competitividade das atividades de produção e pela importância cada vez maior, da qualidade do produto e da eficiência da produção nas mais diferentes espécies exploradas comercialmente (EUCLIDES FILHO, 1999).

Nas espécies de animais terrestres (e.g. bovinos de leite, suínos e aves) os programas de melhoramento têm proporcionado uma contribuição substancial para a viabilidade e produtividade industrial. Por isso, o melhoramento genético pode ser considerado como uma das ações propulsoras do desenvolvimento de uma atividade pecuária, pois os esforços concentrados nessa área promovem a mudança nos genótipos existentes, de forma a permitir avanços produtivos e requerer novas pesquisas nas demais áreas do conhecimento, como sanidade, alimentação-nutrição, reprodução e manejo (LÔBO, R.N.B.; LÔBO, A.M.B.O., 2007).

A aplicação da tecnologia do melhoramento genético em espécies de animais aquáticos tem sido comparativamente menor, mas existe um grande potencial para expansão imposta pela crescente demanda mundial por alimentos. Desta forma, justificam-se o planejamento, o desenho e a implantação de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia de programas de melhoramento em espécies aquáticas.

Fundamentalmente, a melhoria genética de qualquer espécie se processa com base na escolha correta daqueles animais que participam do processo de constituição da geração seguinte. As ferramentas disponíveis para isso são: seleção e cruzamento. A seleção, de modo geral, tem o objetivo de melhorar e/ou fixar alguma característica de importância, permitindo que os melhores indivíduos de uma geração sejam pais da geração subsequente. O cruzamento é uma forma de acasalamento entre indivíduos dentro e entre espécies/variedades diferentes, que ocorre no sentido de alcançar incrementos de produção e de produtividade. A associação dessas duas ferramentas conduz a uma sinergia positiva nos programas de melhoramento para a orientação e sinalização do sucesso dos cruzamentos.

Os programas de melhoramento genético apresentam atributos altamente desejáveis:

1. O poder de modificar o animal para atender a um objetivo ou ao meio ambiente;
2. Melhoria da produtividade, confiança e consistência da produção na medida em que o ganho pode ser permanente;
3. Aumento da tolerância a patógenos existentes ou emergentes e a desafios ambientais;
4. Melhoria do retorno favorável ao investimento;

5. Diminuição da distância entre oferta e demanda sem causar impacto ambiental negativo;

6. Ferramenta para o controle da consangüinidade no sistema de produção.

A experiência com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e com outras espécies mostra que o melhoramento genético na taxa de crescimento pode ser de 15% por geração em programas bem conduzidos (PONZONI et al., 2005). O intervalo de geração, isto é, a média da idade dos reprodutores na primeira reprodução dependerá do tempo necessário para atingir a maturidade sexual. É desejável manter o intervalo entre 9 a 12 meses para ter, no mínimo, uma geração por ano.

## **Componentes de um programa de melhoramento genético**

Um programa de melhoramento genético bem desenhado deverá considerar os seguintes aspectos:

1. Descrição ou desenvolvimento do(s) sistema(s) de produção;
2. Escolha da espécie, variedades e sistema de cruzamento;
3. Formulação do objetivo ou meta do cruzamento;
4. Desenvolvimento de critérios de seleção;
5. Desenho do sistema da avaliação genética;
6. Seleção de animais e do sistema de acasalamento;
7. Desenho do sistema para expansão e disseminação da população melhorada;
8. Monitoramento e comparação de programas alternativos.

Geralmente essas etapas podem ser feitas nessa ordem, mas não necessariamente. Podem ocorrer interações que provoquem modificações e alterem o curso da ação. Deve-se notar que é essencial dar atenção a todos esses aspectos para a condução e implementação de um programa de melhoramento genético efetivo.

## O sistema de produção

A identificação do sistema de produção para o qual se procura o melhoramento genético é importante porque influencia a escolha do ambiente no qual o programa será conduzido. A princípio, o programa de melhoramento genético deverá ser conduzido em um ambiente o mais semelhante possível com o sistema de produção no qual os peixes serão cultivados. Isso assegura que o ganho genético obtido no centro de cruzamento também será conseguido em tanques de produção. Se o ambiente no qual foi feita a seleção é muito diferente ou seja, muito melhor, há o risco de que parte do ganho obtido no centro de cruzamento não seja manifestada no ambiente de produção. Evidências experimentais, entretanto, mostram que afortunadamente os peixes superiores em um ambiente são, muitas vezes, superiores em outros ambientes, ou, em termos técnicos, que o genótipo pelo ambiente é relativamente pouco importante (PONZONI, 2006; PONZONI et al., 2005). De qualquer forma, a lógica indica que o programa de melhoramento genético deverá ser conduzido em ambiente semelhante ao(s) sistema(s) de produção pretendido(s).



## Escolha da espécie e das variedades e sistema de cruzamento

A seleção de espécies e variedades às vezes é feita dependendo das limitações na disponibilidade da população ou em locais bem definidos. Entretanto, quando possível, fazer a escolha certa da espécie/variedade é importante porque o ganho genético obtido dessa forma pode ser equivalente a várias gerações de seleção. Preferencialmente, a escolha devera ser feita baseada em informações obtidas de experimentos bem desenhados de comparações entre espécies e cepas e estimações de parâmetros fenotípicos e genéticos (heterose, herdabilidade, correlações entre características, interações do genótipo/ambiente). Esses experimentos podem ser complexos e caros, mas são muito necessários. A abordagem utilizada no Projeto GIFT para a tilápia do Nilo (BENTSEN; OLESEN, 2002) e utilizada também para a carpa "Rohu" (GJEDREM, 2000) são exemplos de experimentos corretos. Nesse sentido, a abordagem consiste da amostragem disponível de "estoques" promissores da espécie em questão, conduzindo todos os cruzamentos possíveis entre eles e um cruzamento seletivo posterior da progênie gerada, independente da sua origem. Dessa forma, estabelece-se uma população base com aumento da variação genética, a qual aumentará enormemente as perspectivas do futuro ganho genético. Deve-se notar que todos os "estoques" são iguais na inclusão de valores individuais. Selecionado o "melhor" estoque poderá não fazer uso dos valores individuais para outros "estoques". O procedimento aqui indicado produz o melhor uso possível de todos os "bons" genes disponíveis, independente de onde eles vieram.

## **Estabelecimento de uma população-base para melhoramento - o exemplo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), estoque GIFT, no Paraná**

A partir do estoque importado da Malásia (WordFish Center) em 2005 e instalado na Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Maringá (PR), um total de 480 reprodutores foram mantidos em tanques-rede ("hapas"), separados por família e marcados individualmente com "chips" eletrônicos ("tags").

Desses reprodutores, foram selecionados pelo peso aos sete meses, 60 machos e 60 fêmeas, que foram distribuídos em tanques-rede de 1 m<sup>3</sup>, de modo que se formaram 60 casais, sendo que machos de uma família foram acasalados com fêmeas de outra família para aumentar a variabilidade genética e o controle da consangüinidade. Desse modo, foram formadas 60 famílias, as quais deram origem à população base de primeira geração.

A partir dessa população base, os machos e as fêmeas utilizados como reprodutores foram separados antes do cruzamento. Uma fêmea foi estocada em cada um dos 60 hapas de cruzamento (tamanho de 1x1x1 m<sup>3</sup>) instalados no mesmo tanque. Cada macho foi utilizado com uma fêmea para produzir grupos de famílias completas. Todos os hapas foram inspecionados uma vez por semana para a identificação de larvas. As larvas foram coletadas separadamente de cada hapa e transferidas para uma densidade padrão (200 larvas) para hapas "creches" (tamanho de 1x1x1 m<sup>3</sup>) localizados no mesmo tanque. A data de coleta das larvas foi registrada e foi possível usar dois ou mais hapas para cada grupo familiar. Isso resultou em aproximadamente 90 famílias completas. Depois de três ou quatro semanas nos hapas "creches", as larvas foram transferidas para uma densidade menor para hapas "B-net" até atingir em um peso de 3 a 5 g. Um total de 60 alevinos foram identificados individualmente de cada família, totalizando 3600 alevinos em cada geração, e estocados comunitariamente em um tanque com manejo semi-intensivo.



De cada família, aos três meses, foram selecionados quatro machos e quatro fêmeas de melhor crescimento, que foram acasalados em 120 hapas (um por casal) de 1 m<sup>3</sup>, fixando-se para as gerações seguintes uma população base de 120 casais (famílias). A partir dessa geração, os casais foram formados por estimativas de parâmetros genéticos baseados em dados de parentesco.

## Elaboração dos objetivos ou metas do cruzamento

À medida que se intensificam os sistemas de produção e que aumenta a demanda por eficiência, maior é a necessidade de se ter programas de melhoramento genético bem estruturados. Como uma das principais premissas para alcançar sucesso, o programa de melhoramento genético de qualquer espécie animal deve estar fundamentado em um bom sistema de coleta de dados e em objetivos e metas bem definidos, que sejam coerentes com a estrutura de mercado vigente e, certamente, condizentes com as condições ambientais existentes.

A elaboração do objetivo do cruzamento é crucial porque ele determina "aonde vamos" com o programa de melhoramento genético, ou seja, o objetivo é aquilo que se deseja melhorar no sentido de atender o mercado.

O objetivo do cruzamento está intimamente relacionado com o sistema de produção. Temos que ter certeza de que a(s) característica(s) que vamos melhorar são importantes no atual sistema de produção. Geralmente, serão características que aumentam o lucro ou características onerosas no sistema de produção, ou aquelas associadas a benefícios no uso de animais melhorados em uma economia não lucrativa ou, ainda, aquelas que influenciam preferências sociológicas.

O objetivo do cruzamento pode incluir características como: tamanho ou taxa de crescimento, idade de maturidade sexual, resistência às doenças, tolerância à temperatura, salinidade ou outros atributos da água, qualidade do filé e conversão alimentar. Destas, a taxa de crescimento (ou tamanho numa determinada idade) tem sido a mais popular devido à sua importância no sistema de produção. Num ciclo de produção de duração fixa, uma grande taxa de crescimento resulta em peixes grandes. Quando queremos peixes de um determinado tamanho, o rápido crescimento permite a sua produção em um período menor de tempo. Nas duas situações há vantagens para o produtor. Temos que admitir que a taxa de crescimento tem sido a característica preferida, pois o seu impacto é percebido facilmente e pode ser medido. Há riscos, entretanto, em simplificar o objetivo do cruzamento a uma característica, pois podem ocorrer respostas correlacionadas desfavoráveis. Mesmo quando não for incluído formalmente o objetivo do cruzamento, as características importantes percebidas no sistema de produção deverão ser monitoradas cuidadosamente.

## **Método de seleção (desenvolvimento do critério de seleção, desenho do sistema da avaliação genética e seleção dos animais e sistema de acasalamento)**

O critério de seleção é o processo de medição de uma característica ou de um conjunto de características, a partir das quais, será feita a escolha dos indivíduos. Tem características estreitamente relacionadas, mas não necessariamente idênticas às características do objetivo do cruzamento. O objetivo do cruzamento significa "aonde vamos" com o programa de melhoramento genético, enquanto o critério de seleção significa "como atingiremos isso". O critério de seleção representa as características que usaremos na estimativa dos valores de cruzamento e o mérito genético geral dos animais para o retorno econômico da seleção.

O critério de seleção pode ser diferente das características do objetivo do cruzamento. Por exemplo, podemos estar interessados no aumento do peso na comercialização, mas podemos usar como base na nossa seleção os pesos obtidos em idade anterior àquela ao atingir o peso do mercado, numa tentativa de acelerar o processo de seleção, escolhendo mais cedo os animais para o cruzamento. Nesse caso, devemos ser capazes de selecionar os peixes quando eles tiverem, ou se aproximarem do peso de comercialização, onde o critério de seleção deverá ser o mesmo que a característica do objetivo do cruzamento.

O sistema de avaliação genética pode variar de algo muito simples, envolvendo seleção massal, até algo muito mais complexo, envolvendo a adaptação de um modelo animal para os dados. Como os peixes serão identificados individualmente ("tagged"), seremos capazes de manter informações dos "pedigrees" e a utilização do procedimento BLUP ("best linear unbiased prediction"), estimando os valores de cruzamento (EBVs - "estimated breeding values") combinando a informação disponível.

BLUP é um método estatístico de predição de variáveis aleatórias, como os valores genéticos e genotípicos, que incorpora os registros de desempenho dos indivíduos a partir de informações sobre seus parentes, levando em consideração a tendência genética ao longo do tempo e as fontes de variação genéticas e ambientais existentes. O procedimento BLUP é uma alternativa melhor que a seleção massal ou a seleção clássica entre e dentro das famílias. Na estimativa dos valores de cruzamento (EBVs) pelo BLUP, é utilizada a informação tanto de cada indivíduo como daqueles relacionados na população.

O ideal seria somente reproduzir os "melhores" indivíduos. Na prática, precisamos assumir um compromisso entre a intensidade de seleção e o tamanho efetivo da população para manejar o risco da consangüinidade. O aumento da consangüinidade é proporcional a  $\frac{1}{2} Ne$ , onde  $Ne$  é o tamanho efetivo da população. É necessário um  $Ne$  relativamente grande para:



- Manter a variação genética na população em longo prazo;
- Manejar a consangüinidade;
- Aumentar o limite de seleção;
- Ter respostas previsíveis para a seleção.

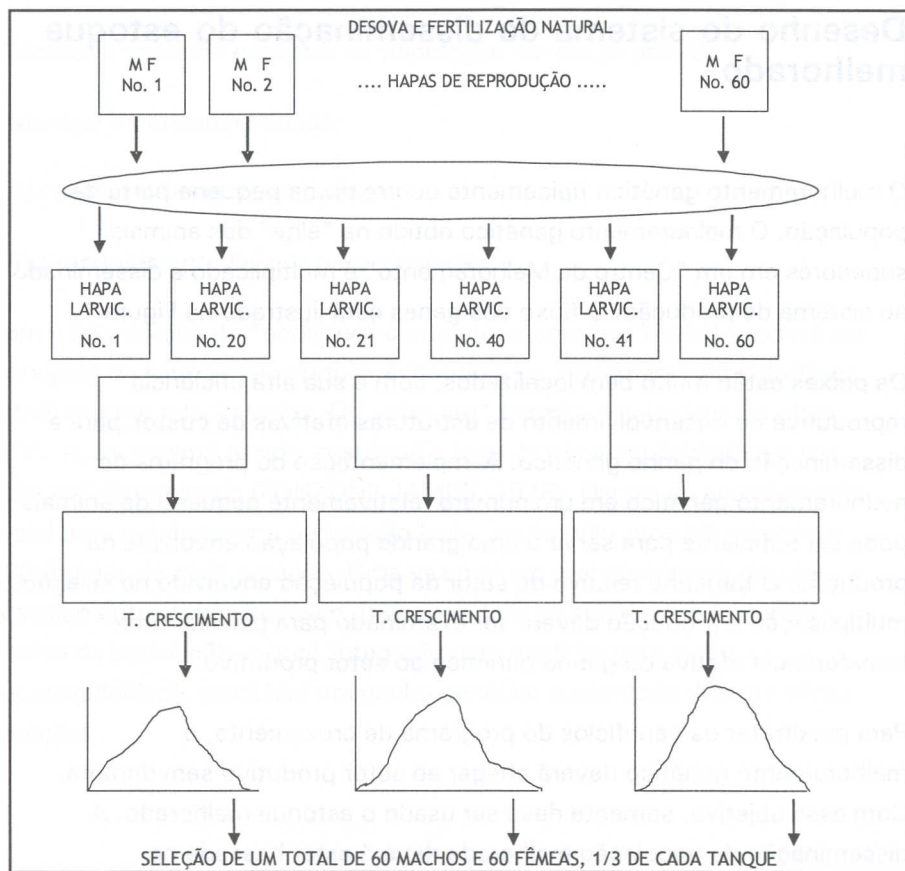
Com a informação do "pedigree" completo, a consangüinidade poderá ser manejada de forma mais efetiva, evitando-se o cruzamento de indivíduos estreitamente relacionados. O "software" permite a seleção para altos EBVs e, ao mesmo tempo, restringe a taxa de consangüinidade em um valor pré-determinado (PONZONI; JAMES, 1978). Depois do acasalamento inicial para estabelecer a população base, serão utilizados 50 machos e 100 fêmeas de cada geração. Uma vez que um grande número desses acasalamentos tenha sucesso, isso permitirá um satisfatório tamanho efetivo da população, o qual, integrado com medidas para evitar a consangüinidade, produzirá um ganho genético sustentado durante várias gerações.

## Desenho do sistema de disseminação do estoque melhorado

O melhoramento genético tipicamente ocorre numa pequena parte da população. O melhoramento genético obtido na "elite" dos animais superiores em um "Centro de Melhoramento" é multiplicado e disseminado ao sistema de produção. O fluxo dos genes está ilustrado na Figura 1.

Os peixes estão muito bem localizados, com a sua alta eficiência reprodutiva no desenvolvimento de estruturas efetivas de custos para a disseminação do ganho genético. A implementação do programa de melhoramento genético em um número relativamente pequeno de animais pode ser suficiente para servir a uma grande população envolvida na produção. O tamanho relativo do setor da população envolvido na seleção, multiplicação e produção deverá ser examinado para permitir uma transferência efetiva do ganho genético ao setor produtivo.

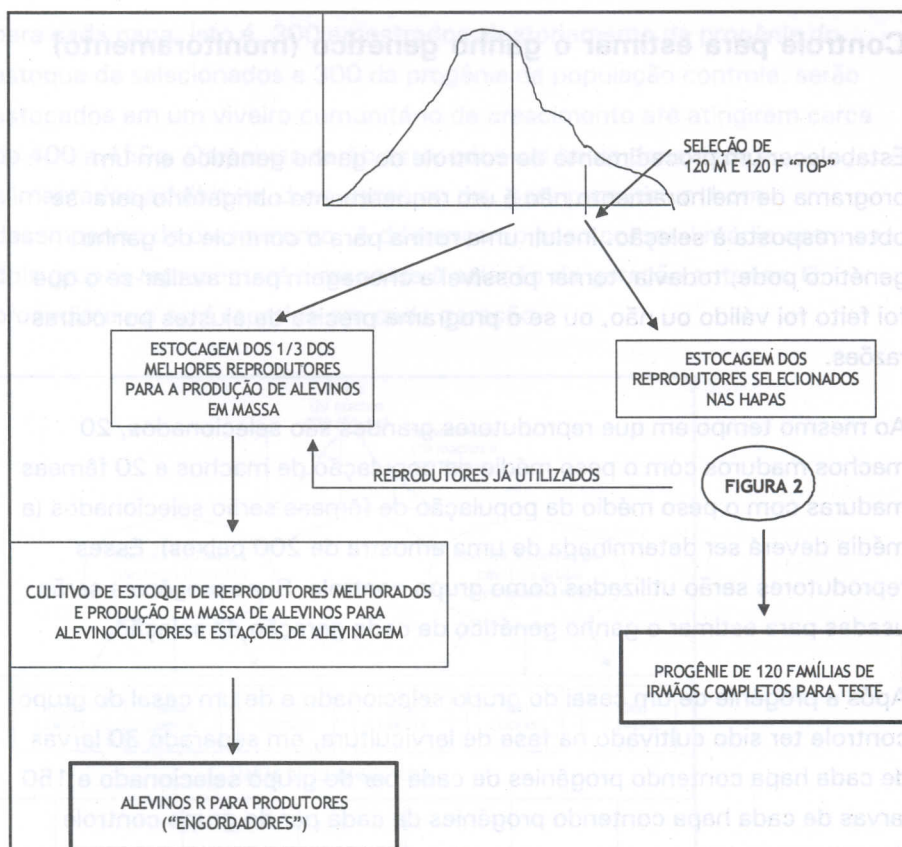
Para maximizar os benefícios do programa de cruzamento, o melhoramento genético deverá chegar ao setor produtivo sem demora. Com esse objetivo, somente deve ser usado o estoque melhorado. A disseminação da população melhorada deverá estar baseada na multiplicação do estoque melhorado (Alevinocultores Figura 2). Depois que a produção das famílias completas e semi-completas do cruzamento da população for realizada, os parentes selecionados devem ser utilizados para a produção massal de alevinos. A progênie dos parentes selecionados, quando atingirem a maturidade sexual, será o "top" da qualidade genética do estoque cruzado, seguido da progênie dos cruzamentos obtidos do melhor 1/3 da população.



**Figura 1.** Acasalamento do estoque parental e criação da prole para a próxima geração de seleção.

Fonte: Ponzoni et al. (2005), adaptada pelos autores.





**Figura 2.** Seleção de reprodutores e disseminação de peixes melhorados a produtores.

Fonte: Ponzoni et al. (2005), adaptada pelos autores.

## Controle para estimar o ganho genético (monitoramento)

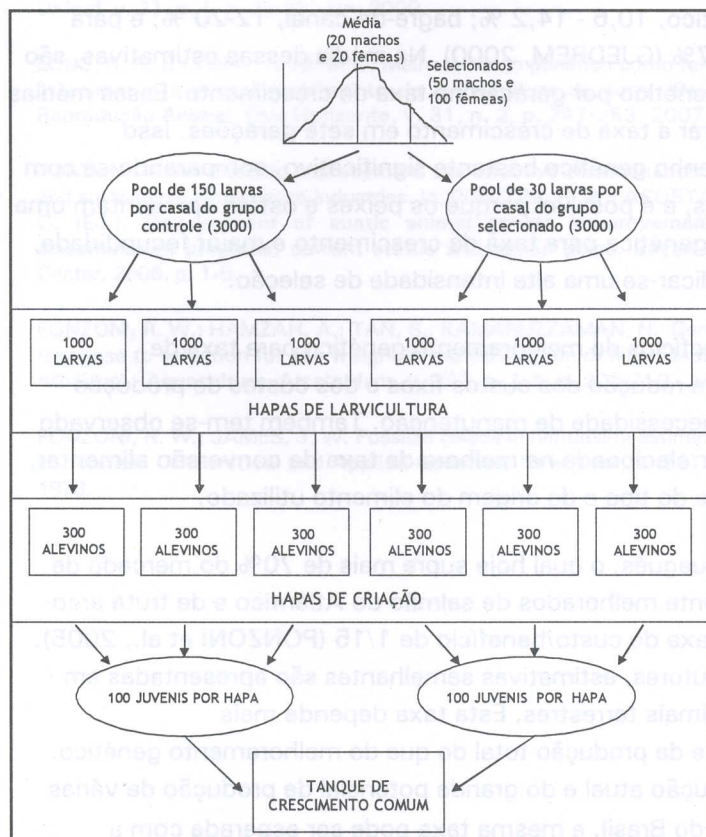
Estabelecer um procedimento de controle do ganho genético em um programa de melhoramento não é um requerimento obrigatório para se obter resposta à seleção. Incluir uma rotina para o controle do ganho genético pode, todavia, tornar possível a checagem para avaliar-se o que foi feito foi válido ou não, ou se o programa precisa de ajustes por outras razões.

Ao mesmo tempo em que reprodutores grandes são selecionados, 20 machos maduros com o peso médio da população de machos e 20 fêmeas maduras com o peso médio da população de fêmeas serão selecionados (a média deverá ser determinada de uma amostra de 200 peixes). Esses reprodutores serão utilizados como grupo controle. Suas progênes serão usadas para estimar o ganho genético de cada geração de seleção.

Após a progênie de um casal do grupo selecionado e de um casal do grupo controle ter sido cultivado na fase de larvicultura, em separado 30 larvas de cada hapa contendo progênes de cada par do grupo selecionado e 150 larvas de cada hapa contendo progênes de cada par do grupo controle deverão ser criadas, como mostra a Figura 3. O mesmo procedimento poderá ser repetido com 3000 (20 x 150) progênes dos reprodutores do grupo controle (Figura 3). Os seis hapas de larvicultura deverão estar no mesmo tanque para fornecer o mesmo ambiente para todos os animais.

Na fase de alevinagem, cerca de 330 alevinos de cada hapa de larvicultura serão transferidos para hapas de crescimento, onde serão criados até a fase de juvenis. Os juvenis serão criados em hapas até poderem ser marcados individualmente e separados em dois grupos independentes, sendo um para a população controle e outro para a população selecionada. Os indivíduos dos dois grupos deverão ser marcados da mesma forma para isolar esse efeito sobre o crescimento. Cerca de 100 juvenis marcados

para cada hapa, isto é, 300 amostrados aleatoriamente da progênie do estoque de selecionados e 300 da progênie da população controle, serão estocados em um viveiro comunitário de crescimento até atingirem cerca de 400 a 450g. Os peixes serão estocados em baixa densidade e alimentados *ad libitum*, duas vezes ao dia, para permitir um bom desempenho de crescimento. A diferença no peso corporal médio entre os dois grupos representará a resposta à seleção da geração anterior. O procedimento será repetido em cada geração.



**Figura 3.** Controle do ganho genético. Comparação da progênie de reprodutores selecionados com a progênie do grupo controle.

Fonte: Ponzoni et al. (2005), adaptada pelos autores.



## Benefícios esperados em um programa de melhoramento

Quando a variação genética aditiva está presente na característica, ela responde à seleção se o método for eficientemente aplicado. Na literatura existem várias estimativas de resposta de seleção para taxa de crescimento em experimentos com reprodução em larga escala e programas de melhoramento. As seguintes estimativas podem ser mencionadas (dado um ganho genético em percentagem por geração de seleção): para salmão do Pacífico (Coho), 10,1% truta arco-íris, 13 %; salmão do Atlântico, 10,6 - 14,2 %; bagre-de-canal, 12-20 %; e para tilápia do Nilo, 17% (GJEDREM, 2000). Na média dessas estimativas, são 15% de ganho genético por geração na taxa de crescimento. Essas médias possibilitam dobrar a taxa de crescimento em sete gerações. Isso representa um ganho genético bastante significativo, comparando-se com animais terrestres, e é possível porque os peixes e ostras apresentam uma grande variação genética para taxa de crescimento e maior fecundidade, possibilitando aplicar-se uma alta intensidade de seleção.

Os principais benefícios do melhoramento genético para taxa de crescimento são a redução dos custos fixos e dos custos de produção devido à menor necessidade de manutenção. Também tem-se observado uma resposta correlacionada na melhora da taxa de conversão alimentar, mas isso depende do tipo e da origem do alimento utilizado.

No programa norueguês, o qual hoje supre mais de 70% do mercado de ovos geneticamente melhorados de salmão do Atlântico e de truta arco-íris, existe uma taxa de custo/benefício de 1/15 (PONZONI et al., 2005). Segundo esses autores, estimativas semelhantes são apresentadas em programas de animais terrestres. Esta taxa depende mais significativamente da produção total do que do melhoramento genético. Em vista da produção atual e do grande potencial de produção de várias espécies nativas do Brasil, a mesma taxa pode ser esperada com a implementação de outros programas propostos.

## Referências

- BENTSEN, H. B.; OLESEN, I. Designing aquaculture mass selection programs to avoid high inbreeding rates. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 204, n. 3-4, p. 349-359, Feb. 2002.
- EUCILDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 1999. 63 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 75).
- GJEDREM, T. Genetic improvement of cold-water fish species. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 31, n. 1, p. 25-33, Jan. 2000.
- LÔBO, R. N. B.; LÔBO, A. M. B. O. Melhoramento genético como ferramenta para o crescimento e o desenvolvimento da ovinocultura de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 31, n. 2, p. 247-253, 2007.
- PONZONI, R. W. Genetic improvement and effective dissemination: keys to prosperous and sustainable aquaculture industries. In: PONZONI, R. W.; ACOSTA, B. O.; PONNIAN, A. G. (Ed.). **Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs: current status and action plans**. Bayan Lepos: The World Fish Center, 2006. p. 1-6.
- PONZONI, R. W.; HAMZAH, A.; TAN, S.; KAMARUZZAMAN, N. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 247, n. 1-4, p. 203-210, June 2005.
- PONZONI, R. W.; JAMES, J. W. Possible biases in heritability estimates from intraclass correlation. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 53, n. 1, p. 25-27, Jan. 1978.